

**PENGARUH MEDIA ARANG KAYU JATI, ARANG BAMBU DAN  
ARANG TEMPURUNG KELAPA PADA PROSES KARBURISING  
YANG DISERTAI PROSES *QUENCHING* TERHADAP STRUKTUR  
MIKRO DAN SIFAT MEKANIK RANTAI JANGKAR KAPAL**



**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata II  
Pada Program Studi Magister Teknik Mesin Sekolah Pascasarjana**

**Oleh:**

**ARIF DARMAWAN**

**U100160047**

**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK MESIN  
SEKOLAH PASCASARJANA  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA**

**2020**



**HALAMAN PERSETUJUAN**

**PENGARUH MEDIA ARANG KAYU JATI, ARANG BAMBU DAN ARANG  
TEMPURUNG KELAPA PADA PROSES KARBURISING YANG DISERTAI  
PROSES *QUENCHING* TERHADAP STRUKTUR MIKRO DAN SIFAT MEKANIK  
RANTAI JANGKAR KAPAL**

**NASKAH PUBLIKASI**

**OLEH:**

**ARIF DARMAWAN**  
**U100160047**

<b>Pembimbing</b>	<b>Nama</b>	<b>Tanda Tangan</b>	<b>Tanggal Persetujuan</b>
<b>Pembimbing Utama</b>	<b><u>Tri Widodo Besar Riyadi, ST, M.Sc,Ph.D</u></b> <b>NIDN : 0627017202</b>		4 Maret 2020
<b>Pembimbing Pendamping</b>	<b><u>Agus Dwi Anggono, ST, M.Eng, Ph.D</u></b> <b>NIDN : 0617067602</b>		4 Maret 2020

Telah dinyatakan memenuhi syarat untuk diujikan  
Pada tanggal 4 Maret 2020

**Ketua Program Studi Magister Teknik Mesin  
Sekolah Pascasarjana  
Universitas Muhammadiyah Surakarta**



**Tri Widodo Besar Rivadi ST., M.Sc,Ph.D**  
**NIDN : 0627017202**

**HALAMAN PENGESAHAN**

**PENGARUH MEDIA ARANG KAYU JATI, ARANG BAMBU DAN ARANG  
TEMPURUNG KELAPA PADA PROSES KARBURISING YANG DISERTAI  
PROSES *QUENCHING* TERHADAP STRUKTUR MIKRO DAN SIFAT MEKANIK  
RANTAI JANGKAR KAPAL**




**OLEH:**

**ARIF DARMAWAN**

**U100160047**

**Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji  
Program Studi Magister Teknik Mesin  
Universitas Muhammadiyah Surakarta  
Pada hari Kamis, 5 Maret 2020  
dan dinyatakan telah memenuhi syarat**

**Dewan Penguji**

- |  |   |
|--|---|
| 1. Ir. Tri Widodo Besar Riyadi., M.Sc, Ph.D<br>(Ketua Dewan Penguji) | ( .....  ..... ) |
| 2. Ir. Agus Dwi Anggono., M.T, Ph.D<br>(Anggota I Dewan Penguji)     | ( .....  ..... ) |
| 3. Marwan Effendy., ST, M.T, Ph.D<br>(Anggota II Dewan Penguji)      | ( .....  ..... ) |

**Direktur Pasca Sarjana,**



**Prof. Dr. Bambang Sumardjoko, M.Pd.**

## PERNYATAAN

Deangan ini saya menyatakan bahwa dalam naskah publikasi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan disuatu perguruan tinggi dan sepengetahuan saya juga tidak terdapat atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain kecuali secara tertulis dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidak benaran dalam pernyataan saya ini di atas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya

Surakarta, 3 Juni 2020

Penulis



ARIF DARMAWAN

U100160047

# **PENGARUH MEDIA ARANG KAYU JATI, ARANG BAMBU DAN ARANG TEMPURUNG KELAPA PADA PROSES KARBURISING YANG DISERTAI PROSES *QUENCHING* TERHADAP STRUKTUR MIKRO DAN SIFAT MEKANIK RANTAI JANGKAR KAPAL**

## **Abstrak**

Kekayaan alam Indonesia terhadap bahan bakar kayu mempunyai potensi besar untuk menghasilkan berbagai jenis arang yang dapat digunakan sebagai media untuk proses peningkatan kadar karbon pada bahan logam. Rantai jangkar kapal merupakan salah satu komponen konstruksi yang banyak dijumpai di daerah pelabuhan. Komponen ini mendapat beban berat terhadap beban Tarik dan gesek. Perlakuan karburasi telah banyak digunakan untuk meningkatkan kadar karbon sehingga dapat meningkatkan sifat mekanik permukaan logam. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk meningkatkan sifat mekanik rantai jangkar kapal melalui proses karburasi menggunakan media arang, yaitu arang kayu jati, arang bambu, dan arang tempurung kelapa, dan untuk mengetahui karakteristik dan senyawa yang terbentuk dari baja rantai jangkar kapal yang telah mengalami proses karburising dan *quenching*. Specimen yang digunakan untuk karburasi dipotong dari rantai kapal, dan selanjutnya dimasukkan dalam oven dengan wadah media arang. Suhu pemanasan proses karburising pada tungku pemanas mencapai suhu austenite ( $850^{\circ}$ ) dan ditahan sekitar 60 menit. Setelah itu specimen di *quenching* atau didinginkan secara cepat. Produk karburasi selanjutnya diuji dengan pengujian kekerasan Vickers, pengujian SEM dan pengujian XRD. Hasil pengujian kekerasan menunjukkan bahwa proses karburasi pada media arang menghasilkan kekerasan tertinggi dibanding dengan media arang bambu dan tempurung kelapa. Nilai kekerasan hasil *karburising* yang menggunakan arang kayu jati sebesar 487.9 VHN, arang bambu sebesar 438.1 VHN arang tempurung kelapa sebesar 385.6 VHN. Hal ini berkaitan dengan besar butir yang paling kecil berdasarkan uji SEM. Sedangkan hasil uji XRD membuktikan terbentuknya fase baja karbon atau Fe,  $\text{Fe}_3\text{C}$ , dan  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ , dimana specimen dengan media arang kayu jati memiliki kadar  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  terbesar.

**Kata Kunci :** karburisasi, rantai jangkar kapal, arang kayu jati, arang bambu dan arang tempurung kelapa.

## **Abstract**

Indonesia's natural wealth of wood fuel has great potential to produce various types of charcoal which can be used as a medium for the construction component has heavy burden on tensile and friction loads. Carburizing has been widely used to increase carbon content so as to improve the mechanical properties of ship anchor chains through the carburizing process using charcoal media, namely teak charcoal, bamboo charcoal and coconut shell charcoal, and to find out its characteristics and compounds formed from steel anchor chains that have undergone carburizing and quenching processes. The specimen used for carburizing is cut from the ship chain, and then put into an oven with a charcoal media container. The heating temperature of the carburizing process in the furnace reaches a temperature austenite ( $850^{\circ}$ ) and held for about 60 minutes. After that the specimens are quenched or cooled quickly. Carburizing products are then hardness vickers, SEM testing and XRD testing. The result of hardness testing showed that the carburizing process in the charcoal media produced the highest hardness compared to bamboo charcoal and coconut shell media. The hardness value of carburizing results using teak charcoal is 487.9 VHN, bamboo charcoal is 438.1 VHN shell charcoal coconut of 385.6 VHN. This relates to the smallest grain size based on

SEM test. While the XRD test results prove the formation of carbon steel phases or Fe, Fe<sub>3</sub>C, Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>, where specimen with teak charcoal media have the largest Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> content.

**Keywords** : carburizing, ship anchor chain, teak charcoal, bamboo charcoal, coconut shell charcoal.

## 1. PENDAHULUAN

Penggunaan material baja di dunia sangatlah luas cakupannya, terutama dalam bidang industri manufaktur, otomotif, perkapalan dan industri lainnya. Material baja tersebut digunakan sebagai bahan dasar pembuatan komponen-komponen seperti roda gigi, perkakas, rantai jangkar kapal dan lain-lain. Komponen tersebut harus memenuhi sifat mekanik berupa kekerasan, kekuatan beban kejut dan kekuatan tarik yang sangat baik untuk menunjang faktor keselamatan dan durabilitas [1] [2].

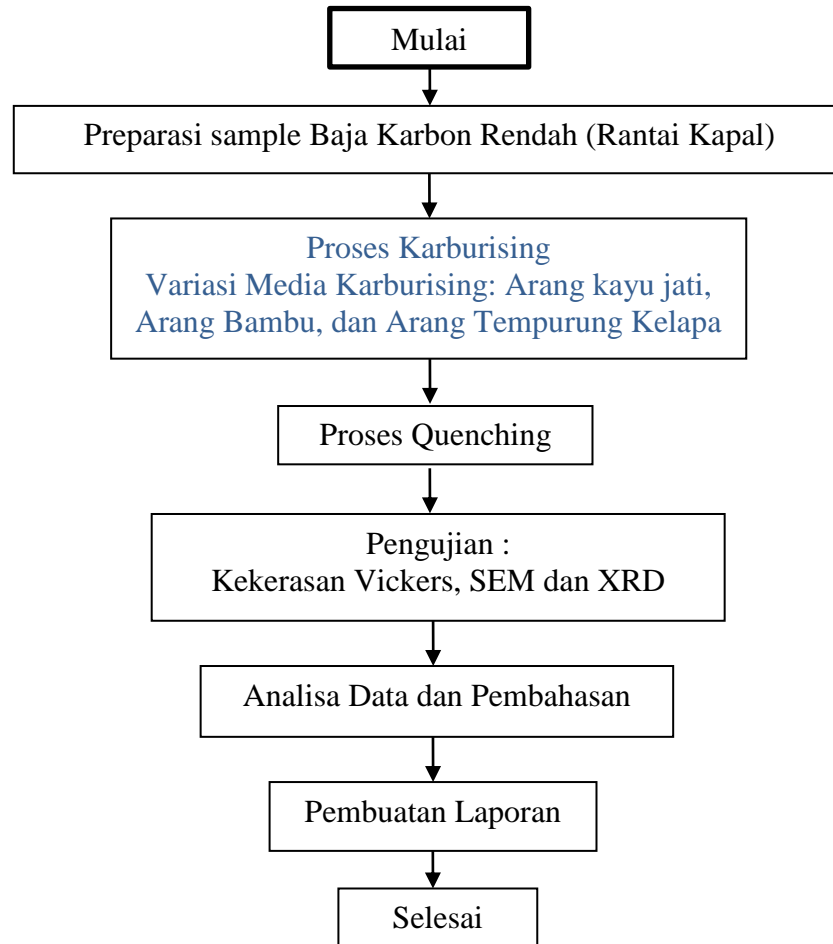
Salah satu perusahaan yang bergerak dibidang pembuatan rantai jangkar kapal di Indonesia adalah PT. Indonesia Magma Chain (IMC) yang berlokasi di kabupaten Demak, Jawa Tengah, Indonesia. Perusahaan tersebut memanfaatkan material baja jenis baja karbon rendah (0.201 % C) sebagai bahan utama pembuatan rantai jangkar kapal. Karena rantai jangkar kapal yang diproduksi oleh perusahaan tersebut menggunakan bahan material dari baja karbon rendah sehingga masih memiliki sejumlah kelemahan, diantaranya adalah tingkat kekerasan yang dimiliki oleh rantai jangkar kapal tersebut masih rendah yakni pada kisaran 297.1 HVN.

Berdasarkan latar belakang tersebut didapat info bahwa rantai jangkar kapal yang terbuat dari baja karbon rendah banyak mengalami keausan sehingga perlu ditingkatkan kekuatan dan kekerasannya dengan suatu metode perlakuan (*treatment*) pada permukaan baja karbon rendah tersebut. Karburising adalah proses pengerasan permukaan material baja dengan cara mengubah komposisi kimiawi untuk memperbanyak unsur karbon pada permukaan baja subtract [3], sehingga material baja karbon yang telah melalui tahap proses carburizing dapat meningkat dilihat dari sifat kekerasan permukaan dan ketahanan terhadap aus [4]. Proses karburising ini sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor utama seperti media yang digunakan pada saat karburising, suhu pemanasan, waktu tahan dan bagaimana proses pendinginnya [5].

Oleh Karena itu penelitian dilakukan dengan jalan pengujian atas baja yang dibuat untuk rantai jangkar kapal dengan proses karburising. Dalam melakukan pengujian tersebut, akan menggunakan salah satu sampel baja yang dibuat untuk membuat rantai tersebut dan dilanjutkan dengan proses *quenching* (pendinginan cepat).

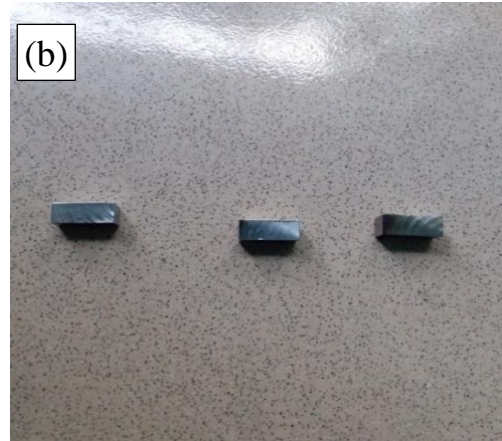
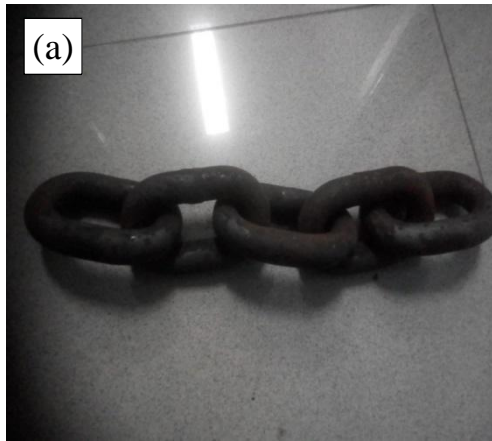
## 2. METODE

Penelitian ini dilakukan dengan mengikuti diagram alir penelitian yang ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Skema Penelitian

Langkah-langkah awal yang dilakukan dalam preparasi sampel baja yaitu dengan membuat potongan bahan (specimen), hasil pemotongan awal ini kemudian dibuat menjadi spesimen uji, untuk dilanjutkan dengan pengujian-pengujian specimen untuk memperoleh data-data sifat mekanis umum material baik berupa data-data numeris maupun dalam bentuk grafis. Gambar 2. dibawah ini merupakan rantai jangkar kapal sebelum dan sesudah di buat specimen uji.



Gambar 2. Rantai jangkar kapal; (a) sebelum dipotong dan (b) sesudah di buat specimen uji

Sebelum dilakukan pengujian dilakukan proses karburising dengan menggunakan arang kayu jati, arang bambu dan arang tempurung kelapa. Pada proses karburising menggunakan tungku pemanas (*Heat treatment*) sampai mencapai suhu austenite dan ditahan sekitar 60 menit. Setelah itu proses selanjutnya ialah proses quenching atau pendinginan cepat. Setelah proses quenching baru melakukan pengujian kekerasan vickers, pengujian SEM dan pengujian XRD. Gambar 3. Merupakan proses karburising yang dilakukan pada specimen uji dengan menggunakan tungku pemanas furnace.



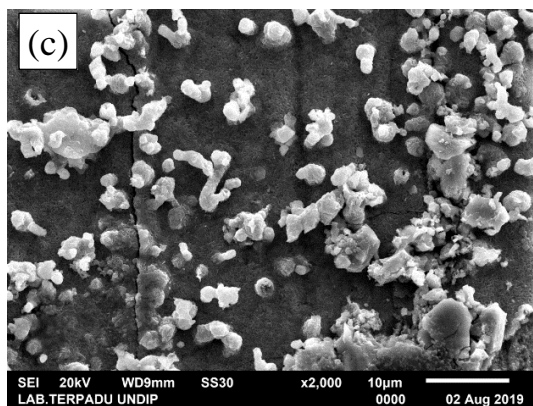
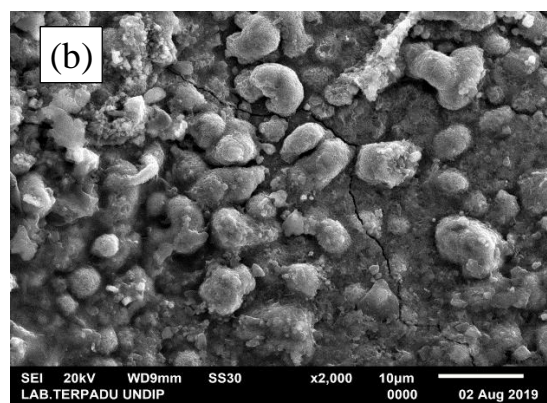
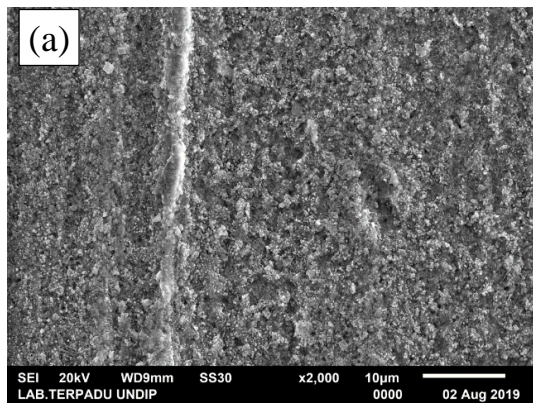
Gambar 3. Proses karburising menggunakan tungku pemanas furnace

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

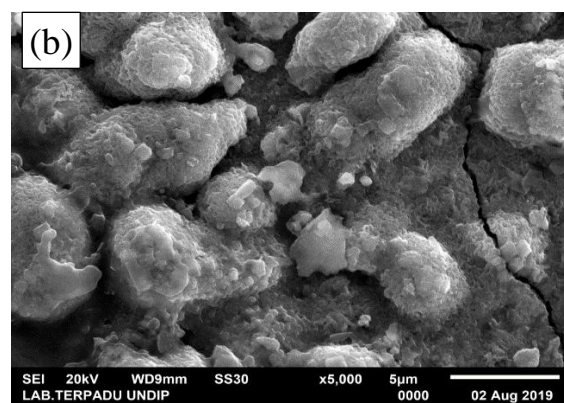
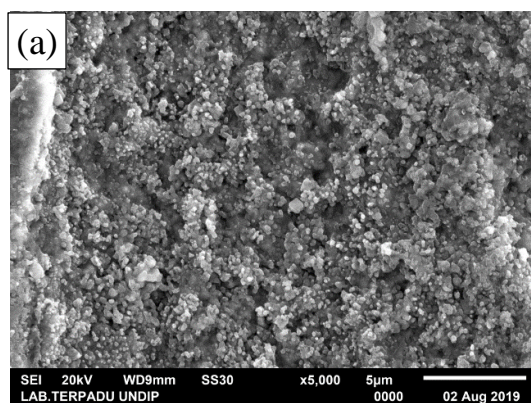
#### 3.1 Hasil Uji SEM

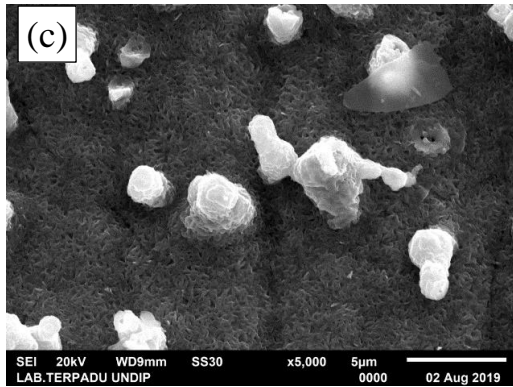
Pengujian foto SEM (*Scanning Electron Microscope*) dilakukan untuk mengetahui perbedaan penggambaran struktur permukaan hasil *carburizing* dengan menggunakan serbuk arang kayu jati, bambu, dan tempurung kelapa. Gambar 4 sampai 6 merupakan hasil uji foto SEM yang dilakukan pada hasil karburasi masing-masing variasi. Foto uji SEM dilakukan pada permukaan specimen uji dengan perbesaran 2000x, 5000x, 7500x, dan 1000x.



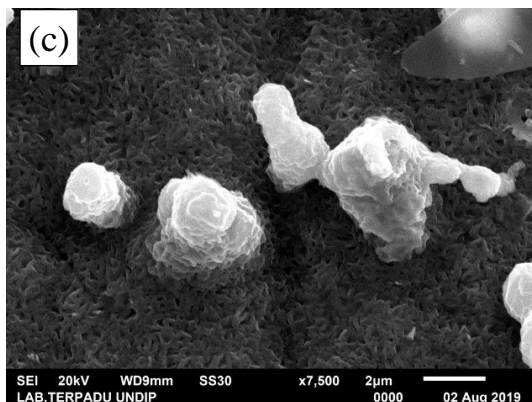
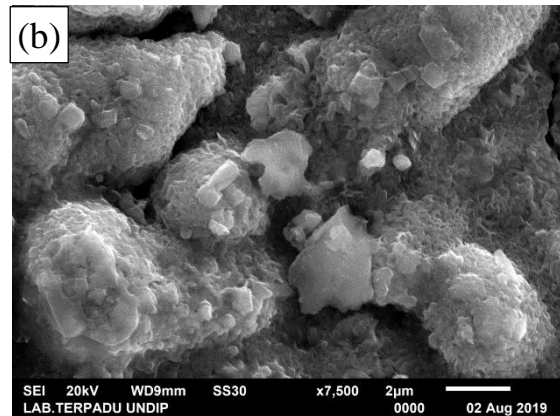
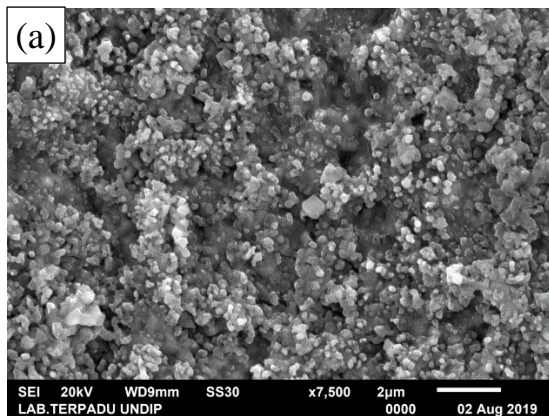


Gambar 4. Foto SEM pada material baja rantai kapal hasil karburising media (a) arang kayu jati (b) arang bambu dan (C) arang batok kelapa dengan perbesaran 2000x.



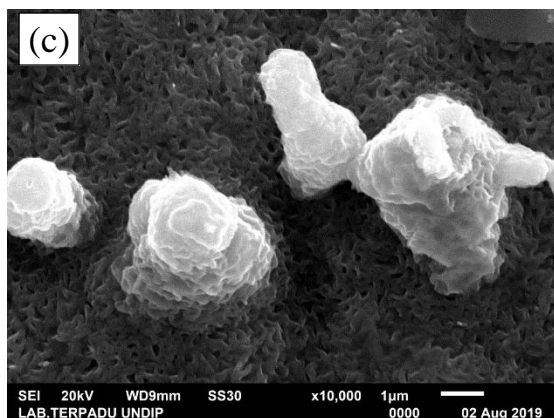
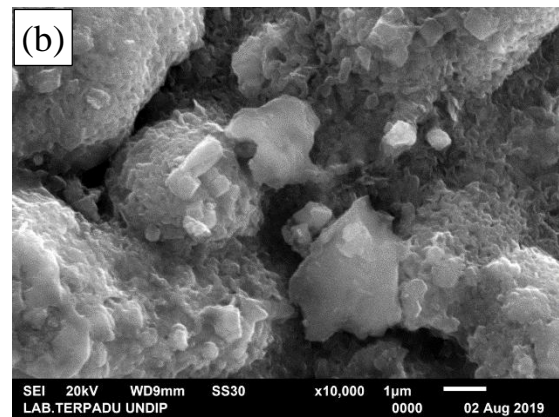
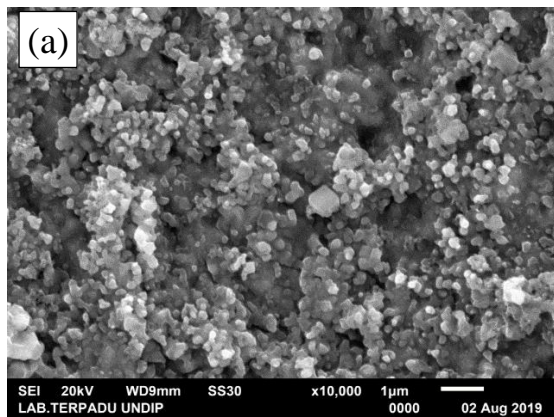


Gambar 5. Foto SEM pada material baja rantai kapal hasil karburising media (a) arang kayu jati , (b) arang bambu dan (c) arang batok kelapa dengan perbesaran 5000x



Gambar 6. Foto SEM pada material baja rantai kapal hasil karburising media (a) arang kayu jati , (b) arang bambu dan (c) arang batok kelapa dengan perbesaran 7500x



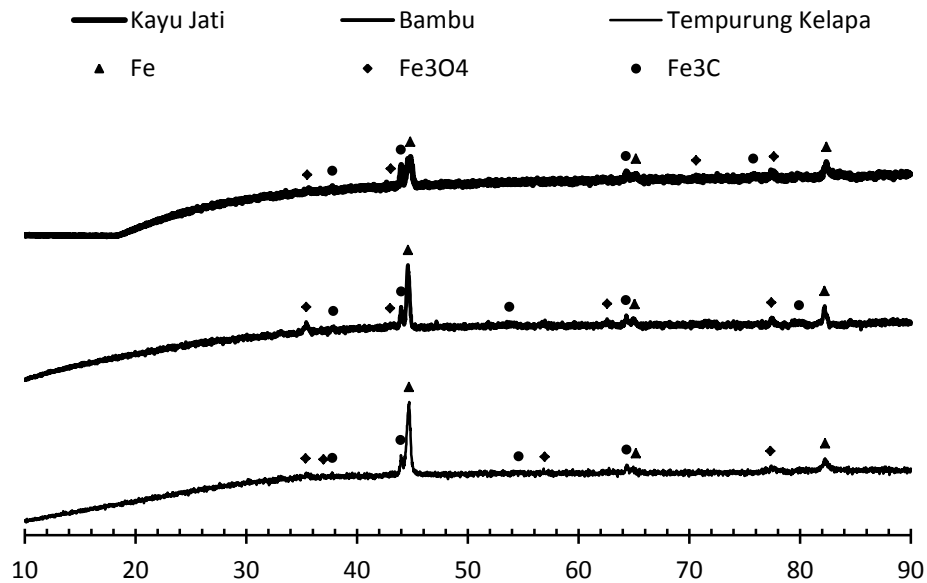


Gambar 7. Foto SEM pada material baja rantai kapal hasil karburising media (a) arang kayu jati , (b) arang bambu dan (c) arang batok kelapa dengan perbesaran 10.000x

Hasil pengujian SEM menunjukkan ukuran butiran pada baja yang mengalami proses karburasi dengan media arang kayu jati memiliki ukuran yang paling kecil dibandingkan dengan hasil karburasi dengan media arang bambu dan arang tempurung kelapa.

### 3.2 Hasil Uji XRD

Pengujian XRD (*Xray Diffraction*) dilakukan untuk mengetahui senyawa karbon hasil carburizing yang bereaksi dengan subtrak rantai kapal. XRD dilakukan dengan sudut 0 – 90 dan menggunakan panjang gelombang sebesar 1.54056 Amstrong. Pengujian XRD dilakukan pada material hasil *carburizing* dengan menggunakan arangkayu jati, arang bambu, dan dengan arang tempurung kelapa. Hasil XRD dianalisa dengan bantuan software match 3. Berikut merupakan analisa hasil XRD yang dilakukan :



Gambar 8. Grafik hasil pengujian dan analisa XRD

Dari hasil analisis XRD menunjukkan bahwa hasil *carburizing* menggunakan kayu jati memiliki unsur Fe sebesar 77.4% diikuti dengan senyawa  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  sebesar 13.2% dan senyawa  $\text{Fe}_3\text{C}$  sebesar 9.4%. Pada hasil *carburizing* menggunakan bambu memiliki unsur Fe sebesar 66.4% dengan senyawa  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  sebesar 25.2% dan senyawa  $\text{Fe}_3\text{C}$  sebesar 8.5%. Pada hasil *carburizing* menggunakan tempurung kelapa memiliki unsur Fe sebesar 85.5% dengan senyawa  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  sebesar 8.9% dan senyawa  $\text{Fe}_3\text{C}$  sebesar 5.6%.

### 3.3 Hasil Uji Kekerasan Vickers

Pengujian dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui tingkat kekerasan sampel besi hasil karburasi dengan media arang kayu jati, arang bamboo, dan arang tempurung kelapa. Tabel 1 menunjukkan hasil pengujian kekerasan dengan metode Vickers (*Vickers Hardness Test*).

Tabel 1. Hasil Pengujian Kekerasan

No	Nama Sampel	Titik	Hasil Kekerasan (VHN)	Rata-rata Hasil Kekerasan (VHN)
1	Arang Kayu Jati	1	481.4	487.9
		2	431.7	
		3	550.6	
2	Arang Bambu	1	475.1	438.1
		2	398.0	
		3	441.2	
3	Arang Tempurung kelapa	1	404.0	385.6
		2	342.1	
		3	410.7	

Dari hasil pengujian kekerasan dengan menggunakan alat uji *vickers* didapatkan hasil kekerasan tertinggi adalah hasil *karburising* yang menggunakan arang kayu jati sebesar 487.9 VHN diikuti hasil kekerasan karburising yang menggunakan arang bambu sebesar 438.1 VHN dan hasil kekerasan karburising yang menggunakan arang tempurung kelapa sebesar 385.6 VHN. Hasil karburising yang menggunakan arang kayu jati yang memiliki bahan paling keras, kekerasan berikutnya adalah arang bambu dan yang terakhir hasil karburising yang menggunakan arang tempurung kelapa.

#### **4. PENUTUP**

Dari ke 3 Pengujian SEM, Pengujian XRD dan Pengujian Kekerasan Vickers maka dapat disimpulkan bahwa produk karburising dengan menggunakan media arang kayu jati memiliki nilai kekerasan paling tinggi, sedangkan nilai kekerasan produk hasil karburising dengan menggunakan arang bambu dan arang tempurung kelapa memiliki kekerasan yang lebih rendah. Nilai kekerasan tinggi pada produk karburising dengan media arang kayu jati dapat dikaitkan dengan besar butir hasil uji SEM yang memiliki ukuran paling kecil. Hasil uji XRD juga menunjukkan bahwa kadar Fe<sub>3</sub>C pada produk karburising dengan media arang kayu jati memiliki kandungan Fe<sub>3</sub>C yang lebih banyak dibandingkan dengan produk hasil karburising dengan media arang bambu dan arang tempurung kelapa.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

- Ohize, E. J. (2009). Effects of local carbonaceous materials on the mechanical properties of mild steel. *AU JT*, 13(2), 107-113
- Adegbola, A. A., Akindele, O. A., Okeniyi, G. A., Busari, A. A., & Oladejo, I. O. The Effect of Heat Treatment Parameters on the Service-Life of SAE 1056 Steels.
- Nwoke, V. U., Nnuka, E. E., Odo, J. U., & Obiorah, S. M. O. (2014). Effect of process variables on the mechanical properties of surface hardened mild steel quenched in different media. *International journal of scientific & technology research*, 3(4), 388-398.
- Aramide, F. O., Ibitoye, S. A., Oladele, I. O., & Borode, J. O. (2009). Effects of carburization time and temperature on the mechanical properties of carburized mild steel, using activated carbon as carburizer. *Materials research*, 12(4), 483-487.
- Szakálos, P. (2004). *Mechanisms of metal dusting* (Doctoral dissertation, KTH).

- Hassan, K. S. (2015). Comparative of wear resistance of low carbon steel pack carburizing using different media. *International Journal of Engineering & Technology*, 4(1), 71.
- Thein-Han, W. W., Saikhun, J., Pholpramoo, C., Misra, R. D. K., & Kitiyanant, Y. (2009). Chitosan–gelatin scaffolds for tissue engineering: Physico-chemical properties and biological response of buffalo embryonic stem cells and transfectant of GFP–buffalo embryonic stem cells. *Acta biomaterialia*, 5(9), 3453-3466.
- Putra Negara, D. N. K., Muku, I. D. M. K., Sugita, I., Astika, I., Mustika, I. W., & Prasetya, D. G. R. (2015). Hardness Distribution and Effective Case Depth of Low Carbon Steel After Pack Carburizing Process under Different Carburizer. In *Applied Mechanics and Materials* (Vol. 776, pp. 201-207). Trans Tech Publications Ltd.
- Aramide, F. O., Ibitoye, S. A., Oladele, I. O., & Borode, J. O. (2010). Pack carburization of mild steel, using pulverized bone as carburizer: Optimizing process parameters. *Leonardo Electronic Journal of Practices and Technologies*, 16, 1-12.
- Supriyono, S. (2018). THE EFFECTS OF PACK CARBURIZING USING CHARCOAL ON PROPERTIES OF MILD STEEL. *Media Mesin: Majalah Teknik Mesin*, 19(1).
- Oluwafemi, O. M., Oke, S. R., Otunniyi, I. O., & Aramide, F. O. (2015). Effect of carburizing temperature and time on mechanical properties of AISI/SAE 1020 steel using carbonized palm kernel shell. *Leonardo Electron. J. Pract. Technol*, 14(27), 41-56.
- Azmite, B. K., Werkneh, A. A., Abebe, A. T., & Gashaw, F. (2014). An experimental study on the mechanical characteristics of low alloy carbon steels for better performance of traditional farm implements in Ethiopia. *International Journal of Materials Science and Applications*, 3(6), 420-430.
- Peng, Y., Liu, Z., Chen, C., Gong, J., & Somers, M. A. (2020). Effect of low-temperature surface hardening by carburization on the fatigue behavior of AISI 316L austenitic stainless steel. *Materials Science and Engineering: A*, 769, 138524.
- Zaenal Mustofa, R. (2019). *Studi Sifat Fisis dan Mekanis Carburizing Padat dengan Arang Bambu Berukuran Mesh 200 dan Hasil Shaker Mill* (Doctoral dissertation, Universitas Muhammadiyah Surakarta).
- Ismail, M. I., Iskander, S. S., & Saleh, E. B. (1981). Carburizing of steels. *Surface Technology*, 12(4), 341-349.
- Husain, F. A., & Setiyorini, Y. (2013). Pengaruh Variasi Temperatur Austenisasi pada Proses Heat Treatment Quenching Terhadap Sifat Mekanik dan Struktur Mikro Friction Wedge AISI 1340. *Jurnal Teknik ITS*, 2(2), F324-F329.
- Siswanto, B., Lely Susita, R. M., & Sudjatmoko, W. (2011). Analisis sifat mekanik lapisan tipis nitrida titanium pada camshaft hasil teknik plasma sputtering. *Prosiding PPI PDIPTN, PTAPB BATAN, Yogyakarta*, 110-114.

- P. Standar. "Menggunakan Scanning Electron Microscopy / X-Ray Spektrometri di Ujian Cat." no. April. pp. 1–9. 2013.
- Mutalib, M. A., Rahman, M. A., Othman, M. H. D., Ismail, A. F., & Jaafar, J. (2017). Scanning electron microscopy (SEM) and energy-dispersive X-ray (EDX) spectroscopy. In *Membrane Characterization* (pp. 161-179). Elsevier.
- Quinn, G. D., Gettings, R., & Ives, L. K. (2004). A standard reference material for Vickers hardness of ceramics and hardmetals.
- Paul, I. A., Bem, N. G., Justine, N. I., & Joy, O. N. (2013). Investigation of egg shell waste as an enhancer in the carburization of mild steel. *American Journal of Materials Science and Engineering*, 1(2), 29-33.
- B. V. M. et al. . BSR Venu Madhav et al. (2017). "Effect of Carburization on the Mechanical Properties of EN-8 Steel in different Quenching Time Intervalls." *Int. J. Metall. Mater. Sci. Eng.*. vol. 7. no. 4. pp. 1–12. doi: 10.24247/ijmmsedec20171. doi: 10.24247/ ijmmsedec20171.
- Dongo, E. I., Seidu, S. O., & Ogbodo, F. J. (2016). The effect of locally source carbonaceous materials on the mechanical properties of mild steel. *International Journal of Engineering & Technology*, 5(3), 77-82.
- Ihom, P. A. (2013). Case hardening of mild steel using cowbone as Energiser. *African Journal of Engineering Research*, 1(4), 97-101.
- Umunakwe, R., Okoye, O. C., Madueke, C. I., & Komolafe, D. O. (2017). Effects of carburization with palm kernel shell/coconut shell mixture on the tensile properties and case hardness of low carbon steel. *FUOYE Journal of Engineering and Technology*, 2(1), 101-5.